

## EP0044512A1

### Publication Title:

Method and apparatus for the cooling of vessel parts of a metallurgical furnace, especially an electric-arc furnace.

### Abstract:

Abstract of EP 0044512

(A1) 1. A process for cooling parts of the container structure of a metallurgical furnace, which parts are subject to thermal loadings which fluctuate in respect of time and position, comprising a cooling box which is fitted into the wall region to be cooled or which forms the wall region and which includes a heat exchange surface on to which a cooling fluid is sprayed, characterised in that the temperature distribution in respect of space and time, on the heat exchange surface, is detected by a plurality of independent temperature measuring means and cooling fluid is sprayed on to the heat exchange surface region associated with the measurement value, over a large area thereof or in a localised manner, only so long as the respective measurement value is above the boiling point of the cooling fluid,; and that the amount of cooling fluid so sprayed is limited to a value in respect of which the cooling fluid is caused to evaporate spontaneously avoiding the formation of a coherent film of fluid.

-----

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

12

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 81105529.2

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **F 27 D 1/12**  
**F 27 B 3/24, F 27 D 9/00**

22 Anmeldetag: 14.07.81

30 Priorität: 19.07.80 DE 3027465

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
27.01.82 Patentblatt 82/4

84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH FR GB IT LI SE

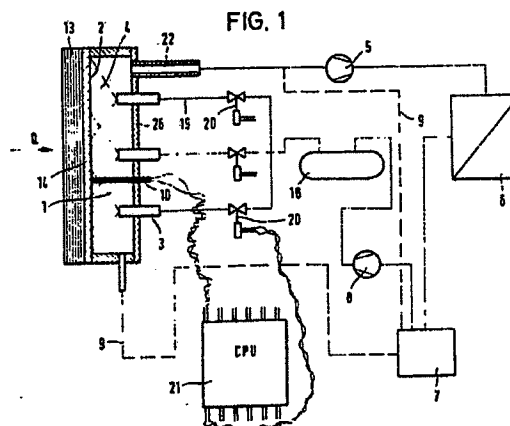
71 Anmelder: **Korf-Stahl AG**  
**Moltkestrasse 15**  
**D-7570 Baden-Baden(DE)**

72 Erfinder: **Marnette, Werner, Dr.**  
**Feldweg 6**  
**D-2114 Hollenstedt(DE)**

74 Vertreter: **Blumbach Weser Bergen Kramer Zwiner**  
**Hoffmann Patentanwälte**  
**Radeckestrasse 43**  
**D-8000 München 60(DE)**

54 Verfahren und Vorrichtung zum Kühlen von Gefäßteilen eines metallurgischen Ofens, insbesondere eines Lichtbogenofens.

57 Zum Kühlen von Gefäßteilen eines metallurgischen Ofens wird die Temperaturverteilung auf der Wärmeaustauschfläche (2) erfaßt und auf diese nur so lange Kühlflüssigkeit aufgesprüht, so lange der Meßwert an der betreffenden Stelle oberhalb des Siedepunktes der Kühlflüssigkeit liegt und ferner die aufgesprühte Menge auf einen Wert begrenzt, bei dem es unter Vermeidung eines zusammenhängenden Flüssigkeitsfilms zu einer spontanen Verdampfung der Kühlflüssigkeit kommt. (Fig. 1).



0044512

BLUMBACH · WESER · BERGEN · KRAMER  
ZWIRNER · HOFFMANN

PATENTANWÄLTE IN MÜNCHEN UND WIESBADEN

Patentconsult Radeckestraße 43 8000 München 60 Telefon (089) 883603/883604 Telex 05-212313 Telegramme Patentconsult  
Patentconsult Sonnenberger Straße 43 6200 Wiesbaden Telefon (06121) 562943/561998 Telex 04-186237 Telegramme Patentconsult

Korf-Stahl AG  
Moltkestr. 15  
7570 Baden-Baden

1

80/0108 EPC

Verfahren und Vorrichtung zum Kühlen von Gefäßteilen  
eines metallurgischen Ofens, insbesondere eines Licht-  
bogenofens

---

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff  
des Patentanspruchs 1. Ferner bezieht sie sich auf eine  
10 Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8.

Bei der Kühlung eines thermisch hoch beanspruchten Wandbe-  
reichs eines metallurgischen Ofens, insbesondere eines Licht-  
bogenofens, mit örtlich und zeitlich stark schwankender  
15 thermischer Beanspruchung der Wand besteht das Problem,  
ein Filmsieden zu verhindern, d. h. ein Auftreten von dünnen  
Dampfschichten an der Wärmeaustauschfläche, da diese stark  
wärmeisolierend wirken, an dieser Stelle den Wärmeaustausch  
stark herabsetzen und es insbesondere bei Wasserkühlkästen,  
20 die selbst die Ofenwandung bilden, zu einer Beschädigung  
durch örtliche Überhitzung kommen kann. Um ein Filmsieden  
zu verhindern, ist es üblich, die Strömungsgeschwindigkeit  
des Kühlmittels im Bereich der Wärmeaustauschfläche zu  
erhöhen. Dies wird bei der Kühleinrichtung nach der DE-AS  
25 1 108 372 dadurch erreicht, daß die Kühlflüssigkeit der  
Wärmeaustauschfläche über mehrere Düsen zugeführt wird,

1 die knapp oberhalb dieser Fläche liegen. Bei dem metallur-  
gischen Ofen gemäß der DE-OS 27 22 681 wird die hohe Strö-  
mungsgeschwindigkeit und damit ein Verdampfen der Kühl-  
flüssigkeit durch Verengen des Strömungsquerschnittes des  
5 Strömungskanals erreicht.

Bei Kühlwassersystemen mit zwangsgeführten Kühlwasserströ-  
men werden an der Wärmeaustauschfläche Wärmeübergangs-  
koeffizienten von 1000 bis 3000 W/K·m<sup>2</sup> erreicht, die aller-  
10 dings Strömungsgeschwindigkeiten von 1 - 3 m/sec erforder-  
lich machen. Bei wassergekühlten Ofenwänden oberhalb der  
Schmelzzone und einem Temperaturanstieg im Kühlwasser von  
~ 10 K lassen sich unter günstigen Bedingungen spezifische  
Kühlwasserverbrauchszahlen von 30 bis 50 l Wasser/m<sup>2</sup>·min  
15 erzielen. Im allgemeinen liegen diese Verbrauchszahlen je-  
doch bei ~ 100 l Wasser/m<sup>2</sup>·min.

Diese Verbrauchszahlen führen bei offenen Kühlwassersyste-  
men, vorzugsweise in Ländern mit Wassermangel, zu einer  
20 erheblichen Kostenbelastung des Elektroofenverfahrens. Bei  
Verwendung geschlossener Kühlwasserkreisläufe wird die  
Einrichtung großer Pump-, Kühl- und Aufbereitungskapazitä-  
ten erforderlich.

25 Bei Ausnutzung der Verdampfungswärme des Wassers von  
2257 KJ/Kg sowie der bei der Verdampfungskühlung erreich-  
baren Wärmeübergangskoeffizienten von 10000 bis 20000  
W/K·m<sup>2</sup> wäre ein wesentlich wirtschaftlicherer Betrieb mög-  
lich.

30 Verdampfungskühlsysteme werden bereits in vielfältiger  
Weise bei technischen Einrichtungen genutzt. Bei metallur-  
gischen Öfen wird diese Kühltechnik beispielsweise an  
Hochöfen angewendet. Diese Öfen sind infolge der kontinu-  
35 ierlichen Prozeßführung durch weitgehend stationäre Be-

- 1 triebszustände gekennzeichnet und liefern damit nahezu konstante Wärmestromdichten an den Wärmeaustauschflächen. Diese Hochofenkühlsysteme können somit wie allgemein bekannte Abhitzeverwertesysteme betrieben werden.
- 5 Derartige Verdampfungskühlsysteme, die stets bei hohen Systemdrücken arbeiten, sind bei chargenweise betriebenen Elektroöfen nicht einsetzbar, da während des Schmelzverlaufes über die Außenflächen eines Elektroofens räumlich und zeitlich erheblich schwankende Wärmeströme abgeführt
- 10 werden müssen.

- Aufgabe der Erfindung ist es, bei einem Verfahren bzw. einer Vorrichtung der einleitend genannten Art trotz starker örtlicher und zeitlicher Schwankungen der thermischen Beanspruchung unter Ausnutzung der Verdampfungsenthalpie eine gute Kühlung über die gesamte Wärmeaustauschfläche zu erzielen. Es soll trotz der örtlichen und zeitlichen Schwankungen der thermischen Beanspruchung ein Filmsieden, das zu einer unzulässig hohen örtlichen thermischen Beanspruchung der Wärmeaustauschwand führt, sicher verhindert werden. Ziel der Erfindung ist ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

- 25 Das erfindungsgemäße Verfahren ist durch die Merkmale des Anspruchs 1, die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 8 gekennzeichnet. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den übrigen Ansprüchen zu entnehmen.

- 30 Durch die Erfindung lassen sich die Vorteile der Verdampfungskühlung auch für die Kühlung der Außenflächen eines Elektroofens nutzen. Ein wesentliches Merkmal dieser Erfindung ist, daß Elektroöfen bei sehr geringem Kühlwasserverbrauch auch unterhalb der Schmelz- und Schlacken-
- 35 zone gekühlt werden können, ohne daß eine Beeinträchtigung

1 der Betriebssicherheit gegeben ist.

Das erfindungsgemäße Kühlsystem arbeitet bei Normaldruck oder einem geringfügig über 1 bar liegenden Druck und ge-  
5 währleistet die Anpassung an die instationären Betriebs-  
zustände eines Elektroofens, ohne daß gefährliche Kühl-  
wasseransammlungen an der Ofengefäßwand auftreten.

Dies wird durch das Auftragen feinverteilter Kühlwasser-  
10 mengen mit definiertem Tropfenspektrum auf die zu kühlenden  
Außenflächen erreicht, wobei durch eine Temperaturmeßein-  
richtung gewährleistet ist, daß bei Kühlmittelzufuhr die  
Außenflächentemperatur stets mindestens der Siedetemperatur  
des Wassers entspricht, damit eine spontane Verdampfung  
15 des Kühlwassers eintritt und die Ausbildung zusammenhängen-  
der Flüssigkeitsfilme auf der Wärmeaustauschfläche unter-  
bleibt.

Im Gegensatz zu bekannten Kühlsystemen, wie zum Beispiel  
20 in der Offenlegungsschrift 1 934 486 beschrieben, wird bei  
der hier dargelegten Kühlung das Auftreten koexistierender  
flüssiger und gasförmiger Phasen bewußt vermieden.

Bei üblichen Verlustleistungen von 29 KW/m<sup>2</sup> bei Elektro-  
25 öfen im Bereich oberhalb der Schmelze kann mit dieser  
Technik ein Kühlwasserverbrauch von 0,6 l Wasser/m<sup>2</sup> · min  
erreicht werden.

Der entsprechende theoretische Kühlwasserverbrauch bei  
30 einem mit Zwangskonvektion arbeitenden heutigen Kühlsystem  
liegt bei 41 l Wasser/m<sup>2</sup> · min.

Zur Erzeugung feinverteilter Wasserströme sind handels-  
übliche Präzisionsdüsen, zum Beispiel Hohlkegel-, Voll-  
35 kegel- oder Pneumatikzerstäuberdüsen, geeignet.

1 Schwingend-mechanisch arbeitende Zerstäubereinrichtungen,  
die beispielsweise mit Ultraschall angeregt werden, können  
ebenfalls Anwendung finden.

5 Vorzugsweise wird das Kühlmittel mit gleichbleibender  
Strahlbreite, gleichbleibendem Tropfenspektrum (0 - 100  $\mu$ m)  
und gleichbleibender Tropfengeschwindigkeit (20 - 40 m/sec)  
auf die zu kühlende Fläche aufgebracht.

10 Beispiele für die Verwirklichung des Erfindungsgedankens  
werden in den nachfolgend beschriebenen Figuren darge-  
stellt.

Die Fig. 1 zeigt ein Verdampfungskühlsystem 1 mit geschlos-  
15 senem Kühlmittelkreislauf. Der Systemdruck beträgt unge-  
fähr 1 bar. Das Kühlwasser wird durch Zerstäuberdüsen 3 in  
feinverteilter Tropfenform 4 auf die zu kühlende Fläche 2  
aufgebracht. Die zu kühlende Fläche 2 und eine Befesti-  
gungsfläche 26 für die Düsen 3 bilden einen nach außen ab-  
20 geschlossenen Raum. Der bei der Verdampfung entstehende  
Satttdampf wird mittels einer Satttdampfpumpe 5 durch eine  
Satttdampfleitung 22 dem Kondensator 6 zugeführt. Das dabei  
entstehende kondensierte Kühlmittel wird in einem Behälter  
7 gesammelt und mit einer Flüssigkeitspumpe 8 in einen  
25 Druckbehälter 18 gepumpt. Der Druckbehälter 18 gewährlei-  
stet bei geöffnetem Ventil 20 einen weitgehend konstanten  
Flüssigkeitsdruck in der Zuleitung 19.

Teile des Kühlmittels, die unkontrolliert kondensieren,  
30 werden durch eine Kondensatrückführungsleitung 9 dem Be-  
hälter 7 zugeleitet.

Die Temperatur der zu kühlenden Fläche 2 wird mit einer  
Vielzahl voneinander unabhängiger Thermofühler 10 ständig  
35 gemessen. Bei einem örtlich begrenzten oder großflächigen

- 1 Überschreiten der unteren Grenztemperatur, die der Siede-  
temperatur des Wassers entspricht, werden die entsprechend  
räumlich zugeordneten Zerstäuberdüsen durch Öffnen der  
Ventile 20 betätigt. Das Kühlwasser wird dann mit gleich-  
5 bleibendem Volumenstrom solange auf die Oberfläche 2 aufge-  
bracht, bis die untere Grenztemperatur erreicht ist. Die  
Betriebsweise der Zerstäuberdüsen 3 ist somit intermittie-  
rend. Die Steuerung der Düseneinschaltzeiten kann durch  
einen Mikroprozessor 21 erfolgen, der die vielzähligen  
10 Temperaturmeßwerte verarbeitet und in entsprechende Be-  
fehle für die Ventilstellglieder umsetzt.

- An Ofenbereichen, die räumlich und zeitlich stark schwan-  
kenden Wärmeflüssen ausgesetzt sind, können, wie in Fig. 1  
15 dargestellt, die Düsen einzeln gesteuert werden. In Gebie-  
ten mit gleichmäßiger Wärmebelastung werden mehrere Düsen  
gruppenweise gesteuert.

- Nachfolgend werden die Kennzahlen eines Ausführungsbeispiels  
20 aufgeführt:

	Wärmestromdichte	29,0 KW/m <sup>2</sup> · min
	Kühlwasserbedarf	0,6 l/m <sup>2</sup> · min
	Düsenart	Hohlkegeldüse
	Düsenstrahlwinkel	80°
25	Volumenstrom / Düse	0,12 l/min
	Druck am Düseneintritt	5,0 bar
	Anzahl der Düsen / m <sup>2</sup>	5
	Abstand Düse / Wärme- austauschfläche	300 mm

- 30 Die Fig. 2 zeigt die Anwendung des in Fig. 1 dargestell-  
ten Kühlverfahrens am Beispiel der Seitenwand 14 eines  
Elektrolichtbogenofens. In diesem Beispiel wird das Kühl-  
system auch in Ofengefäßbereichen angewandt, die unterhalb  
35 der Badoberfläche 11 liegen. Die Schmelze 12 befindet sich



1 in einem mit feuerfestem Material 13 ausgemauerten und  
ausgestampften aus der Seitenwand 14 und dem Ofenboden 16  
gebildeten Ofengefäßunterteil, das aus Stahl gefertigt  
ist. Bei einer feuerfesten Neuzustellung des Elektrolight-  
5 bogenofens wird das Ofengefäß entsprechend Fig. 2 bis über  
die Badoberfläche 11 ausgemauert. Der mit 15 gekennzeichnete  
Abschnitt der feuerfesten Ausmauerung wird entgegen  
der in Fig. 2 dargestellten Kühltechnik bei herkömmlichen  
wassergekühlten Wänden aus Sicherheitsgründen nur teil-  
10 weise; und zwar von oben her bis zur Badoberfläche 11 ge-  
kühlt. Da der Verschleiß der feuerfesten Baustoffe 13 im  
wesentlichen auf chemische Umsetzungen mit der flüssigen  
Schmelze 12 zurückzuführen und damit stark temperaturab-  
hängig ist, ist bei einer Verwirklichung des Erfindungs-  
15 gedankens entsprechend Fig. 2 mit einer erheblichen Ver-  
minderung des Verbrauches an feuerfesten Werkstoffen im  
Badbereich zu rechnen.

Durch die gezielte Wärmeabfuhr in dem mit 15 gekennzeich-  
20 neten Bereich wird die Isotherme der unteren Reaktions-  
grenztemperatur für die chemischen Verschleißreaktionen  
genügend weit auf die dem Bad 12 zugewandte Seite der  
feuerfesten Zustellung verlegt, so daß eine ausreichende  
Reststeindicke und damit eine erhöhte Lebensdauer der Aus-  
25 kleidung erreicht wird.

Die Fig. 3 zeigt die Anwendung des in Fig. 1 dargestellten  
Kühlverfahrens am Beispiel einer im Boden 16 eines Elektro-  
ofens eingesetzten Elektrode 17. Die Bodenelektrode 17 be-  
30 steht aus einem Werkstoff mit geringem spezifischen elektri-  
schen Widerstand und guter Wärmeleitfähigkeit. Bei den im  
Schrifttum bekannt gewordenen Bodenelektroden wurde als  
Elektrodenwerkstoff vorwiegend Kupfer verwendet.

35 Die Bodenelektrode 17 steht in elektrischem Kontakt mit der

Gegenüber den bisher bekannten Kühleinrichtungen für derartige Bodenelektroden, die ausschließlich mit zwangsgeführtem Kühlwasser arbeiten, führt eine Kühlung nach dem hier dargelegten Erfindungsgedanken neben einer Herabsetzung der Kühlwasserverbrauchszahlen insbesondere zu einer bedeutenden Erhöhung der Betriebs- und Arbeitssicherheit.

Bei dem hier dargestellten Beispiel dient das Stromrohr 24,  
15 das über die elektrisch leitende Befestigungsplatte 26  
der Düsen 3 mit der Bodenelektrode 17 verbunden ist, zu-  
gleich als Sattdampfableitung 22. Die Bodenelektrode ist  
auswechselbar in der zylinderförmigen Halterung 25 befe-  
stigt.

20

25

30

35

# 1. Patentansprüche

1. Verfahren zum Kühlen von Gefäßteilen eines metallurgi-  
schen Ofens, insbesondere eines Lichtbogenofens, mit  
5 einem in den zu kühlenden Wandbereich eingesetzten oder  
den Wandbereich bildenden Kühlkasten, der eine Wärme-  
austauschfläche enthält, auf die eine Kühlflüssigkeit  
aufgesprüht wird,  
dadurch gekennzeichnet, daß die räumliche und zeitliche  
10 Temperaturverteilung auf der Wärmeaustauschfläche durch  
eine Vielzahl unabhängiger Temperaturmeßstellen erfaßt  
und entsprechend den erhaltenen Meßwerten großflächig  
oder örtlich begrenzt Kühlflüssigkeit nur so lange auf  
den dem Meßwert zugeordneten Bereich der Wärmeaustausch-  
15 fläche aufgesprüht wird, solange der betreffende Meßwert  
oberhalb des Siedepunktes der Kühlflüssigkeit liegt und  
daß die aufgesprühte Menge auf einen Wert begrenzt wird,  
bei dem es unter Vermeidung eines zusammenhängenden  
Flüssigkeitsfilms zu einer spontanen Verdampfung der  
20 Kühlflüssigkeit kommt.
2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß  
die Kühlflüssigkeit mit einer Tropfengröße von maximal  
100 µm auf die Wärmeaustauschfläche aufgesprüht wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeich-  
net, daß die Kühlflüssigkeit mittels Zerstäuberdüsen  
auf die Wärmeaustauschfläche aufgesprüht wird.
- 30 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 gekennzeich-  
net durch seine Anwendung zur Kühlung des Deckels eines  
Elektroofens insbesondere eines Lichtbogenofens.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 gekennzeich-  
35 net durch seine Anwendung zur Kühlung der Außenflächen

- 1 des Ofengefäßes eines metallurgischen Ofens unterhalb  
der Schmelz- und Schlackenzone.
6. Verfahren nach Anspruch 5 gekennzeichnet durch seine  
5 Anwendung zur Kühlung eines mit dem Schmelzbad in Ver-  
bindung stehenden und am Ofengefäß austretenden elektri-  
schen Kontaktstückes eines Elektroofens.
7. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 6 dadurch gekennzeich-  
10 net, daß die verwendete Kühlflüssigkeit Wasser ist.
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem  
der Ansprüche 1 bis 7, mit einem in den zu kühlenden  
Wandbereich eines metallurgischen Ofens, insbesondere  
15 eines Lichtbogenofens eingesetzten oder den Wandbereich  
bildenden Kühlkasten der eine Wärmeaustauschfläche und  
dieser gegenüberliegend eine Einrichtung zum Aufsprühen  
einer Kühlflüssigkeit auf die Wärmeaustauschfläche ent-  
hält, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlflüssigkeit  
20 durch die Aufsprüheinrichtung auf verschiedene Bereiche  
der Wärmeaustauschfläche unterschiedlich dosiert auf-  
sprühbar ist und die Steuerung der Aufsprüheinrichtung  
durch einen Mikroprozessor auf der Grundlage von Tempe-  
raturmeßwerten erfolgt, die durch eine Vielzahl von  
25 über die Wärmeaustauschfläche verteilt angeordneten  
Temperaturmeßgebern geliefert wird.

30

35

FIG. 1

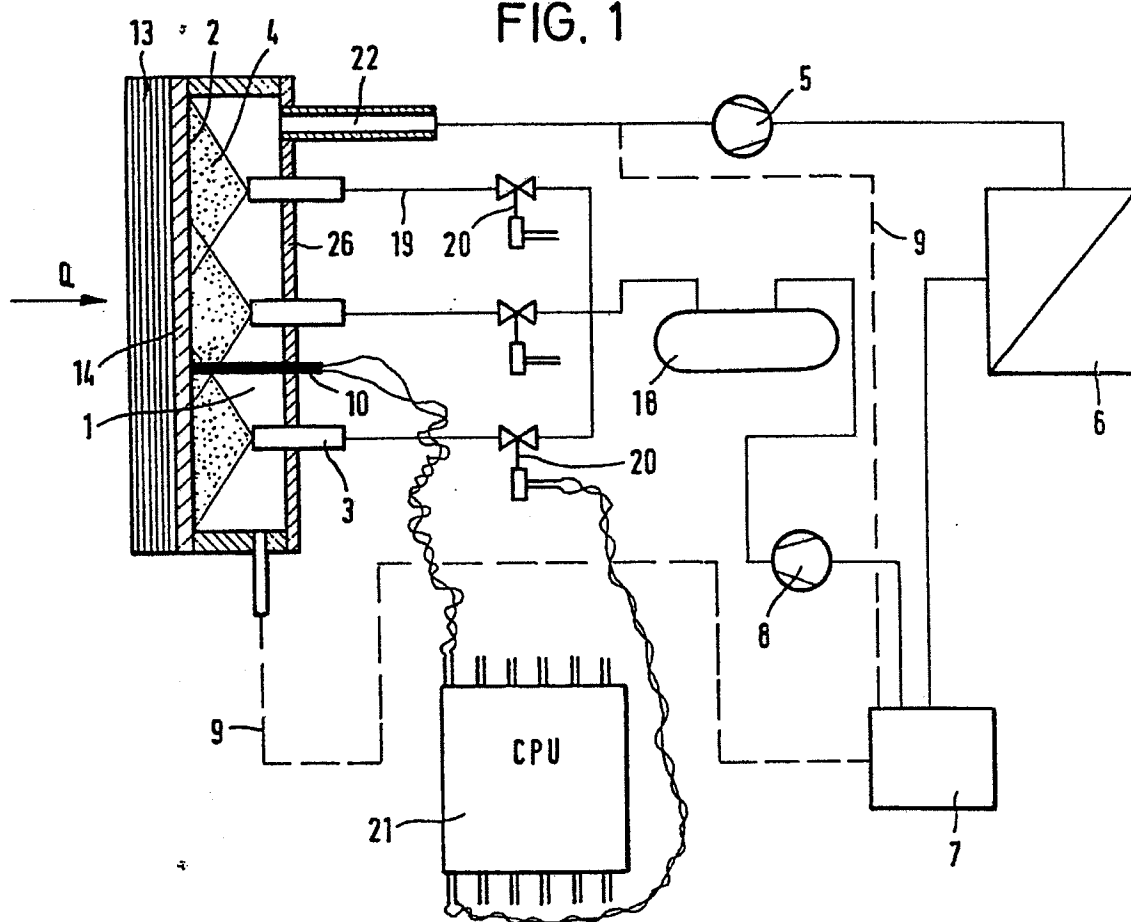
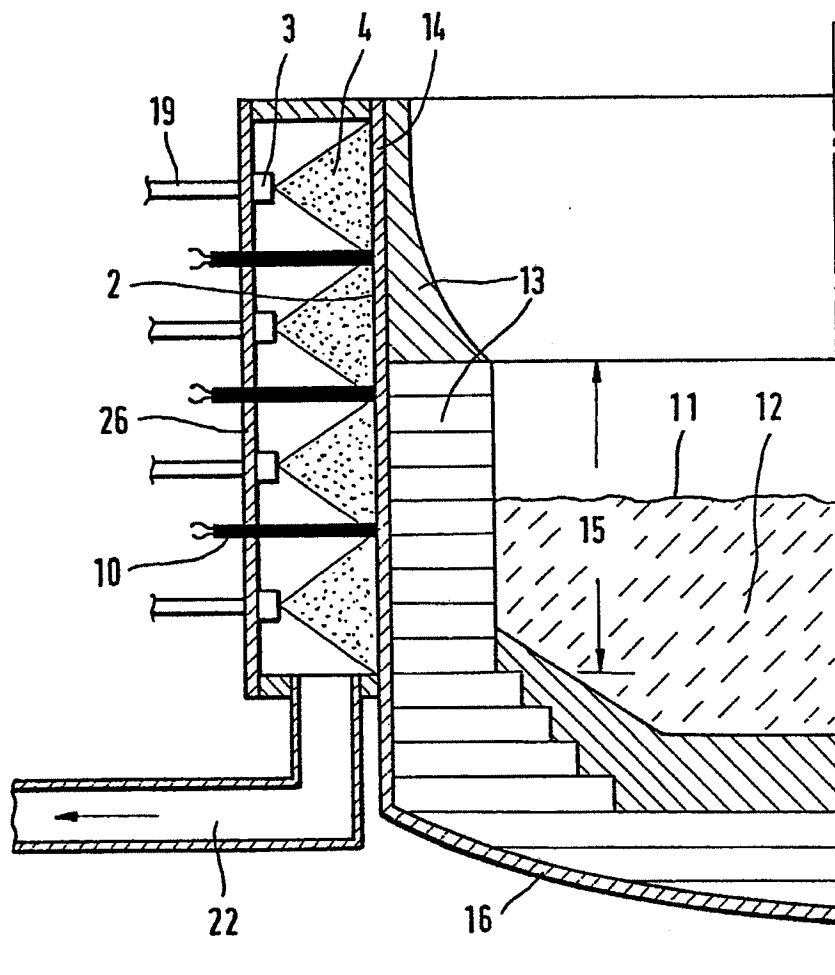


FIG. 2







Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0044512

Nummer der Anmeldung  
EP 81 10 5529

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
	DE - B - 1 043 591 (STRICO GESELLSCHAFT FÜR METALLURGIE UND WÄRME-TECHNIK)  * Patentansprüche 1-3; Figuren 1 und 2 *  ---	1,3-5, 7,8	F 27 D 1/12 F 27 B 3/24 F 27 D 9/00
	DE - B - 1 133 083 (STRICO GESELLSCHAFT FÜR METALLURGIE UND WÄRME-TECHNIK)  * Figuren; Patentansprüche 1-11; Seite 4, Zeilen 22-31 *  ---	1,3,5, 7,8	
	FR - A - 1 335 903 (BROWN BOVERI)  * Figuren 1 und 2; Patentansprüche 1 und 2 *  ---	1,7,8	F 27 D 1/12 9/00 F 27 B 1/24 3/24 C 21 B 7/10 F 27 D 1/18
A	US - A - 3 652 070 (H. SAGARA)		
A	US - A - 4 024 764 (J. SHIPMAN)		
A	US - A - 2 275 515 (G.S. DUNHAM)		
A	US - A - 2 671 658 (W.H. MOORE)		
	-----  "  "		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	29.10.1981	ELSEN	